

# VI CONGRESO IBÉRICO de AgrolIngeniería

5 a 7 de Septiembre | 2011  
Universidade de Évora | Portugal



## Coefficientes culturais da casta Touriga Nacional na região do Dão

P. Rodrigues<sup>1</sup>, V. Pedroso<sup>2</sup>, J.P. Gouveia<sup>1</sup>, S. Martins<sup>2</sup>, C. Lopes<sup>3</sup>, I. Alves<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escola Superior Agrária de Viseu, Quinta da Alagoa, Viseu, Portugal. E-mail: prodrigues@pres.ipv.pt

<sup>2</sup> Centro de Estudos Vitivinícolas do Dão, Quinta da Cale, Nelas, Portugal.

<sup>3</sup> Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal.

### Resumo

Com o objectivo de estudar o efeito da rega e do regime hídrico no comportamento da casta Touriga Nacional foi instalado um ensaio de rega numa vinha do Centro de Estudos Vitivinícolas do Dão, em Nelas. A transpiração da sebe de vinha foi estimada a partir dos registos de temperatura radiativa da sua superfície, recorrendo a um modelo bi-camada que tem por base o princípio da partição do balanço energético entre os componentes do coberto vegetal (videiras, solo e subcoberto herbáceo) admitindo que, do ponto de vista energético, a sebe e o substrato (solo+subcoberto) actuam separadamente e em paralelo. Os fluxos de calor latente da sebe de videiras são determinados a partir dos fluxos de calor sensível e do balanço de radiação.

A evolução temporal de  $E_c/ET_o$  na modalidade de rega plena (FI) permite identificar três fases e corresponde à forma geral da curva de  $K_{cb}$  indicada para a generalidade das culturas. A relação entre o coeficiente de secura ( $K_s$ ) e fracção de água utilizável do solo até 130 cm de profundidade ( $FTSW_{130}$ ) é bifásica. Para valores de  $FTSW_{130}$  superiores a 40-50%, o  $K_s$  é aproximadamente constante, registando valores em torno de 1, correspondente a condições de conforto hídrico. Com valores de  $FTSW_{130}$  inferiores, o  $K_s$  tende a decrescer à medida que a reserva de água no solo diminui. Os menores valores de  $K_s$  foram registados nos anos de 2005 ( $K_s = 0,48$ ) e 2006 ( $K_s = 0,55$ ), ambos na modalidade não regada (NI).

### Abstract

In order to study the effects of irrigation and water regime on the behavior of grapevine “Touriga Nacional” a field trial was conducted in a vineyard in the Dão region, center of Portugal. The transpiration of vines was estimated from their radiative surface temperature using a two-layer model based on the partition of net radiation between the components of the vegetated surface (vines, soil and grass cover), considering that the vines and the undercover (soil and grass cover) act separately and in parallel. Latent heat flux from the vines to the atmosphere is determined from vine net radiation and sensible heat flux. Besides the estimation of the daily values of transpiration, the model also allows to characterize the diurnal evolution of the components of the energy balance.

The analysis of the seasonal evolution of the  $E_c/ET_o$  ratio in the full irrigated treatment (FI) leads to the identification of three phases that correspond to the general form of the  $K_{cb}$  curve indicated for the generality of crops. The relation between the stress coefficient ( $K_s$ ) and the available soil water fraction for the superficial soil layer down to the 130 cm depth ( $FTSW_{130}$ ) has two phases. When  $FTSW_{130}$  is higher than 40-50%, the  $K_s$  is constant, with values nearly one, corresponding to a non-stress condition. For a  $FTSW_{130}$  below these values, the  $K_s$  tends to decrease as soil water content decreases. The lower values of  $K_s$  were recorded on the non-irrigated treatment (NI) in 2005 ( $K_s = 0,48$ ) and 2006 ( $K_s = 0,55$ ).

**Palavras Chave:** transpiração, videira, coeficiente cultural de base, coeficiente de secura, reserva de água no solo.

## 1. INTRODUÇÃO

A evapotranspiração ( $ET$ ) de um coberto vegetal pode ser medida directamente através de lisímetros ou do método das flutuações instantâneas ou indirectamente através da variação do armazenamento de água no solo ou do balanço energético da superfície. Contudo, dado que a medição da  $ET$  envolve muitas vezes metodologias complexas com custos associados bastante elevados, o recurso a modelos de estimação, menos exigentes do ponto de vista instrumental e, consequentemente, com menores custos de implementação, tem uma importância fulcral na gestão de água em agricultura. Com efeito, na maioria das situações práticas em que é necessário conhecer os valores de  $ET$  de uma cultura, os equipamentos disponíveis nem sempre são os necessários para se poder proceder à sua medição.

O grande desenvolvimento, nas últimas décadas, de sistemas de aquisição e de acesso remoto de dados e de meios de controlo e automação, a par de uma maior disponibilidade de instrumentos de medição, aumentou significativamente a acessibilidade e fiabilidade dos dados para utilização científica e técnica. Todavia, o progresso com maior significado resultou da generalização do uso de estações meteorológicas automáticas, permitindo um fácil acesso à informação meteorológica à superfície (temperatura e humidade do ar, velocidade do vento, radiação e precipitação), o que facilitou e generalizou a utilização de modelos de estimação da  $ET$  (Farahani *et al.*, 2007).

A estimação da  $ET$  de uma cultura a partir da taxa de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) é muitas vezes designada de aproximação “two step”, uma vez que, num primeiro momento, se procede à estimação da  $ET_0$  e, num segundo momento, ao seu ajustamento através de factores culturais empíricos específicos da cultura, designados por coeficientes culturais.

Allen *et al.* (1998) apresentaram duas aproximações para a determinação da evapotranspiração cultural em condições standard ( $ET_c$ ), através dos coeficientes culturais. A primeira, designada por aproximação simples, integra a relação entre  $ET_c$  e  $ET_0$  numa curva média de  $K_c$  na qual se reúne a componente transpiração e a componente evaporação da água do solo. A segunda, designada por aproximação dupla, na qual estas duas componentes são avaliadas separadamente através do coeficiente cultural de base ( $K_{cb}$ ) e do coeficiente de evaporação do solo ( $K_e$ ), respectivamente. Quando a cultura se encontra em condições ambientais ou de manejo diferentes das consideradas standard, ou seja, quando alguma das condições óptimas não se verifica, a evapotranspiração real da cultura é inferior à  $ET_c$  e é designada de evapotranspiração cultural em condições não standard ( $ET_a$ ). Em condições de stress hídrico, quando a reserva de água no solo desce abaixo de um limite crítico e/ou em condições de salinidade do solo, o coeficiente  $K_c$ , da aproximação simples, ou o coeficiente  $K_{cb}$ , da aproximação dupla, são reduzidos através de um coeficiente de secura ( $K_s$ ). Os autores propuseram ainda vários métodos de ajustamento do coeficiente  $K_{cb}$  de modo a contemplar as situações reais em que, devido à ocorrência de pragas ou doenças, a condições de stress ambiental, a práticas culturais ou à densidade de plantação, o desenvolvimento das plantas é inferior ao seu desenvolvimento potencial para as condições climáticas locais. Num dos métodos propostos, para os cobertos parciais, o coeficiente cultural de base para a fase de pleno desenvolvimento vegetativo é ajustado em função do grau de cobertura do solo.

Mais recentemente, Allen e Pereira (2009) propuseram um método para estimar os coeficientes culturais a partir da fracção de cobertura do solo e da altura da cultura. Nesta metodologia, o  $K_{cb}$  é calculado a partir de  $K_{cb\ full}$  (valor de  $K_{cb}$  correspondente à cobertura total do solo pela cultura ou a um índice de área foliar superior a 3), estimado com base na altura média da cultura e ajustado às condições meteorológicas locais, e de um coeficiente de densidade ( $K_d$ ), determinado em função do grau de cobertura do solo e da orientação das linhas de cultura. O  $K_{cb\ full}$  pode ser ajustado a culturas arbóreas através de um factor de

redução estimado em função da velocidade do vento e da resistência estomática média das folhas. A metodologia proposta é aplicável a culturas arbóreas com coberto vegetal na entrelinha.

Com o desenvolvimento de sensores de medição remota da temperatura das superfícies, a utilização das medições efectuadas por estes sensores na determinação dos fluxos de calor sensível de cobertos vegetais (e, consequentemente, na determinação da *ET* através de balanço energético), tem sido bastante estudada. Esta metodologia é especialmente relevante na determinação de *ET* em grandes áreas, recorrendo a sensores térmicos colocados em aviões ou em satélites (Farahani *et al.*, 2007). Nos vários métodos descritos na bibliografia os fluxos de calor sensível de um coberto vegetal (*H*) são determinados a partir da diferença entre a temperatura radiativa da superfície ( $T_r$ ) e a temperatura do ar ( $T_a$ ), usando para isso diferentes modificações da sua equação geral.

O presente trabalho enquadra-se num estudo de avaliação do efeito do regime hídrico e da rega no comportamento da casta Touriga Nacional na região do Dão. Apresenta-se um modelo para estimar a transpiração da videira a partir da medição da temperatura da superfície da sebe, através de termómetro de infravermelhos, e da medição de variáveis meteorológicas. É analisada a evolução sazonal do coeficiente cultural de base (relação entre a transpiração de plantas em conforto hídrico e a evapotranspiração de referência) e apresenta-se a relação entre o coeficiente de secura e a reserva de água no solo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado no Centro de Estudos Vitivinícolas do Dão, em Nelas, Portugal, com a casta Touriga Nacional, na região do Dão (latitude 40° 31' N, longitude 7° 51' W e altitude 440 m). Nos anos 2004 e 2005 o ensaio foi conduzido na parcela 1-A. Nos anos 2006 e 2007 o ensaio realizou-se na parcela 5-A. As características de cada parcela são apresentadas no Quadro 1.

*Quadro 1 – Características das parcelas de vinha usadas no ensaio*

Ano	Parcela	Textura do solo	Ano de plantação	Porta-enxerto	Densidade de plantação (vid/ha)	Sistema de condução	Sistema de poda	Altura do tronco (m)	Altura da sebe (m)
2004 e 2005	1-A	Franco-Arenoso	1989	SO4	3636	Monoplano vertical ascendente	Guyot duplo	0,6	1,3
2006 e 2007	5-A	Franco-Arenoso	2000	110 R	4545	Monoplano vertical ascendente	Cordão Royat bilateral	0,6	1,2

O ensaio foi estabelecido num sistema de blocos casualizados com repetições de três modalidades correspondentes a diferentes regimes de rega e uma testemunha não regada (modalidade NI). Nas modalidades com rega, esta foi realizada com o sistema gota-a-gota.

O critério utilizado na determinação da oportunidade de rega foi a reserva de água no solo disponível para as plantas, até 0,6 m de profundidade, expressa em percentagem da reserva utilizável ( $FTSW_{60}$ ). Assim, na modalidade com dotação correspondente a 100% da  $ET_c$  (modalidade FI), na qual se pretendia que as plantas fossem mantidas em conforto hídrico, as regas foram efectuadas sempre que a  $FTSW_{60}$  atingiu 40%. Nas modalidades com rega deficitária,  $DI_{30}$  e  $DI_{50}$ , os níveis críticos considerados foram 10% e 20%, respectivamente. Para cada modalidade, a dotação de cada rega foi determinada pela percentagem dos valores acumulados da evapotranspiração cultural diária ( $ET_c$ ), registada desde a rega antecedente, (Quadro 2).

Quadro 2 – Dotações de rega

Modalidades	Critério	Dotação total (mm)			
		2004	2005	2006	2007
NI	Não regada				
FI	100% da $ET_c$	213.9	310.5	228.3	273.4
DI <sub>30</sub>	30% da $ET_c$	58.0	96.6	49.5	57.2
DI <sub>50</sub>	50% da $ET_c$	92.0	152.3	99.0	101.2

O modelo usado para a estimar a transpiração da sebe da vinha, descrito em Rodrigues *et al.* (2010), tem por base o princípio da partição do balanço energético entre os componentes do coberto vegetal (videiras, solo e subcoberto herbáceo) admitindo que, do ponto de vista energético, a sebe e o substrato (solo+subcoberto) actuam separadamente e em paralelo.

A partição do balanço de radiação do coberto vegetal ( $Rn$ ) entre o substrato ( $Rn_s$ ) e a sebe de vinha ( $Rn_c$ ) é efectuada recorrendo ao princípio da extinção exponencial da radiação, lei de Beer, com a modificação proposta por Anderson *et al.* (1997), na qual o coeficiente de extinção é corrigido através de um termo dependente do ângulo solar zenital ( $\phi$ ) de modo a reproduzir a variação diurna da partição do balanço de radiação entre os componentes. Sendo a vinha um coberto heterogéneo, o índice de área foliar (LAI) é corrigido através do factor de agrupamento  $\Omega(\phi)$  (“clumping factor”) proposto por Campbell e Norman (1998).

A estimacão dos fluxos de calor sensível da sebe ( $H_c$ ) a partir da temperatura radiativa da sua superfície ( $T_c$ ), obtida através de termómetros de infravermelhos, é efectuada tendo como base o princípio de independência dos fluxos de cada componente do coberto vegetal (Norman *et al.*, 1995) e assumindo a existência de duas resistências em série para os fluxos de calor sensível a partir das folhas da videira: a resistência da camada limite das folhas ( $r_{aHc}$ ) e a resistência aerodinâmica do coberto ( $r_{aH}$ ) (Lhomme e Monteny, 1993). Esta simplificação corresponde, na prática, à reformulação da equação geral de determinação dos fluxos de calor sensível de um coberto vegetal, na qual a substituição da temperatura aerodinâmica ( $T_o$ ) pela temperatura da sebe ( $T_c$ ) é acompanhada da introdução de uma resistência adicional ( $r_{aHc}$ ) determinada pela equação proposta por Choudhury e Monteith (1988).

Os fluxos de calor latente ( $\lambda E_c$ ) entre a sebe e a atmosfera são então determinados como termo residual do balanço de energia ( $\lambda E_c = Rn_c - H_c$ ), e os valores diários de transpiração da sebe ( $E_c$ ) obtidos por integração dos valores instantâneos correspondentes ao período em que  $Rn > 0$ . Alguns resultados relativos à validação e à utilização deste modelo foram já apresentados por Rodrigues *et al.* (2010).

A temperatura radiativa da superfície da sebe foi medida, entre o vingamento e a vindima, com sensores de temperatura de precisão por infravermelhos IRTS-Pc (Apogee Instruments). Os sensores foram colocados por cima da sebe de videiras com um ângulo de inclinação de 45°, voltados para sul. A distância do sensor ao topo da sebe foi determinada a partir do ângulo de inclinação e do campo de visão do sensor de modo a que a largura da superfície “alvo” fosse ligeiramente inferior à largura da sebe.

A monitorização do teor de humidade do perfil do solo foi efectuada ao longo do ciclo vegetativo recorrendo a sondas capacitivas, devidamente calibradas para o local, com um sistema de monitorização contínua, Enviroscan (Sentek Pty Ltd), com duas sondas de 190 cm de profundidade e sensores espaçados de 20 cm, na modalidade não regada, e uma sonda

portátil Diviner 2000 (Sentek Pty Ltd) permitindo medições do teor de humidade de 10 em 10 cm até à profundidade de 160 cm nas modalidades regadas. Em cada unidade experimental foram instalados dois tubos de acesso, um na linha, junto ao gotejador, entre duas plantas, e o outro na entre linha, a meia distância entre as linhas de videira. A variação de armazenamento no solo foi determinada como a média dos valores calculados a partir das medições efectuadas nos dois tubos de acesso.

As variáveis meteorológicas foram medidas numa estação localizada no centro da parcela. A  $ET_0$  foi determinada a partir dos valores horários das variáveis meteorológicas através da equação FAO-PM com o valor de resistência do coberto ( $r_c$ ) e dos coeficientes  $C_n$  e  $C_d$  propostos por Allen *et al.* (2006). Os valores de  $ET_0$  diários foram determinados por integração dos respectivos valores horários.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a metodologia proposta por Allen *et al.* (1998), a razão entre os valores diários da  $E_c$  e da  $ET_0$  corresponde, no caso de plantas em conforto hídrico, ao coeficiente cultural de base ( $K_{cb}$ ) e, no caso de plantas em stress hídrico, ao produto entre este e o coeficiente de secura ( $K_s$ ). Neste trabalho, uma vez que as plantas da modalidade FI foram mantidas em conforto hídrico, a curva de evolução da relação  $E_c / ET_0$  registada nesta modalidade corresponde assim à curva de  $K_{cb}$ . Por seu lado, nas modalidades com rega deficitária (DI<sub>50</sub> e DI<sub>30</sub>) e na modalidade não regada (NI), as respectivas curvas de evolução dos valores de  $E_c / ET_0$  correspondem às curvas  $K_s \times K_{cb}$ .

A análise da evolução temporal de  $E_c / ET_0$  na modalidade FI do ano 2004 apresentada no gráfico a) da Figura 1 permite identificar três fases. A primeira, até à despona, na qual se verifica um rápido aumento de  $E_c / ET_0$ , relacionado com um forte crescimento vegetativo. A segunda fase, na qual  $E_c / ET_0$  continua a crescer mas de forma mais lenta, devido não só ao crescimento vegetativo mas também, e principalmente, ao progressivo aumento da inclinação dos raios solares, resultando numa maior intercepção da radiação líquida pela sebe. Por último, verifica-se um decréscimo contínuo de  $E_c / ET_0$  resultante da senescência da cultura. Esta evolução corresponde de forma geral à curva de  $K_{cb}$  indicada para a generalidade das culturas por Allen *et al.* (1998).

Nos restantes anos do ensaio, e contrariamente ao ano de 2004, não se verificou até a vindima uma senescência da cultura significativa, pelo que não se dispõe de registos que nos permitam determinar os valores de  $E_c / ET_0$  na 3ª fase. Como exemplo desta situação, apresentam-se os resultados relativos ao ano de 2005 (Figura 1 b). Como podemos constatar, neste ano, após a despona e até a vindima, a área foliar manteve-se praticamente constante, resultando num progressivo aumento de  $E_c / ET_0$  devido à maior capacidade de intercepção da radiação por parte da sebe, sem qualquer quebra no período final.

Os valores de  $E_c / ET_0$  determinados para o conjunto das modalidades nos quatro anos são semelhantes aos apresentados por outros autores. Assim, por exemplo, Ferreira e Vicente (2004), com base em registos do fluxo de seiva, na região de Alenquer, determinaram valores de  $E_c / ET_0$  entre 0 e 0,5. Yunusa *et al.* (2004), em vinha regada, determinaram valores máximos de  $E_c / ET_0$  e  $E_c / ET_0$  médios no ciclo vegetativo de 0,31 e 0,17 respectivamente.

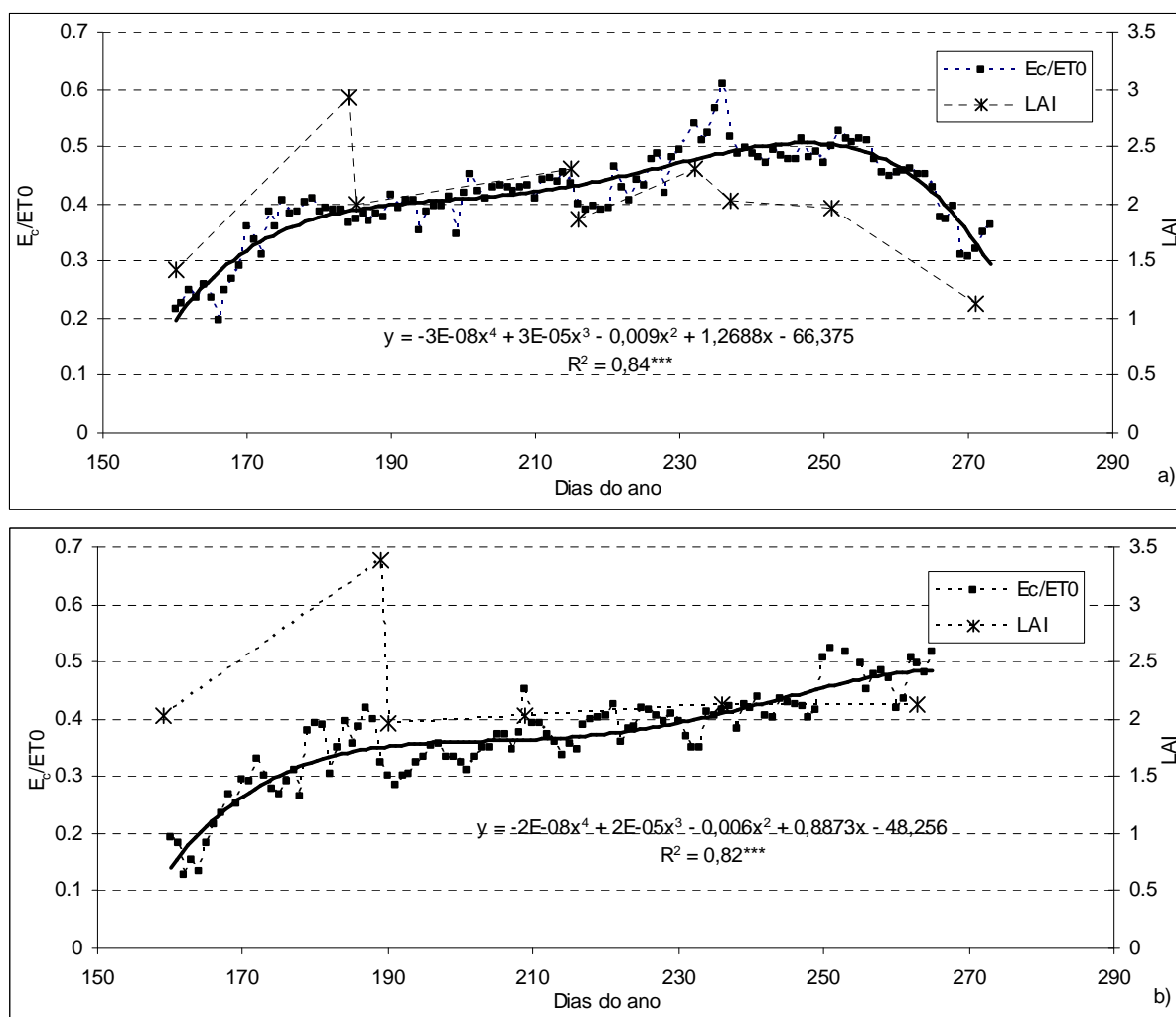


Figura 1 - Curva de  $E_c/ET_0$  e evolução do índice de área foliar (LAI) na modalidade FI nos anos de 2004 (a) e 2005 (b).

Considerando para cada ano de ensaio os períodos em que se atingiram os valores mais elevados de  $E_c/ET_0$  na modalidade FI, verifica-se que o  $K_{cb}$  máximo variou entre cerca de 0,4 no ano de 2006 e cerca de 0,5 nos restantes anos, correspondente a 60% a 77% do valor de  $K_{cb}$  tabelado em Allen *et al.* (1998) para a fase intermédia e ajustado às condições climáticas locais (Quadro 3).

Outros autores verificaram também diferenças nos valores dos coeficientes culturais em relação aos apresentados por Allen *et al.* (1998). Poblete-Echeverría e Ortega-Farias (2009) obtiveram valores de  $K_c$  cerca de 21% inferiores, atribuindo esta diferença ao facto dos coeficientes culturais dependerem de vários factores, nomeadamente da densidade de plantação, da arquitectura do coberto, das práticas culturais, do método de rega e do manejo do solo, não havendo qualquer informação sobre estes factores a acompanhar os valores tabelados por Allen *et al.* (1998) que permitam estabelecer uma comparação.

Quadro 3 – Valores médios do coeficiente cultural de base ( $K_{cb} = E_c / ET_0$ ) da modalidade FI, nos períodos em que se registaram os valores mais elevados e correspondentes valores tabelados e ajustados propostos por Allen *et al.* (1998) e os estimados pelo método descrito em Allen e Pereira (2009).

Ano	Período	Humidade relativa mínima	Velocidade do vento a 2 m de altura do solo	Declive da curva de tensão de vapor	Altura do coberto vegetal	Fracção de solo coberto pela sebe	Resistência estomática média da sebe ( $r_s^c$ )
		(%)	(m/s)	(kPa/°C)	(m)		(s/m)
2004	16/8 a 27/8	36,6	1,79	0,163	1,8	0,24	93,6
2005	18/9 a 28/9	19,3	1,63	0,169	1,8	0,24	181,2
2006	15/8 a 26/8	39,1	1,69	0,176	1,8	0,17	212,1
2007	7/9 a 27/9	36,1	1,76	0,166	1,8	0,17	165,9

Ano	Parâmetro	$K_{cb\ full}$	$K_{c\ min}$	$E_c/ET_0$	$K_{cb}$	$K_{cb}$
	$Fr$			(observado)	Allen <i>et al.</i> (1998)	Allen e Pereira (2009)
2004	1,00	1,20	0,10	0,52	0,67	0,56
2005	0,90	1,13	0,10	0,51	0,73	0,53
2006	0,87	1,04	0,10	0,40	0,66	0,38
2007	0,91	1,10	0,10	0,48	0,67	0,40

Contudo, verifica-se que, à excepção do ano de 2007, as médias dos valores mais elevados de  $E_c / ET_0$  da modalidade FI são bastante próximas dos correspondentes valores médios de  $K_{cb}$  estimados pelo método apresentado por Allen e Pereira (2009), assumindo  $K_{c\ min} = 0,1$ ,  $M_L = 1,75$  e determinando o parâmetro  $Fr$  a partir dos valores médios da resistência estomática da sebe ( $r_s^c$ ) (Quadro 3). Com efeito, verifica-se que nos anos de 2004 e 2005 a média dos valores observados no período em causa corresponde a 92 e 96%, respectivamente, do respectivo valor estimado. No ano de 2006 o valor médio é apenas 5% mais elevado que o estimado. Já no ano de 2007 o valor medido é bastante superior, em termos relativos, ao valor estimado.

À escala diária, a transpiração relativa, que corresponde à relação entre a transpiração em situação de carência hídrica e em situação de conforto hídrico, pode ser um bom indicador do estado hídrico das plantas (Silvestre, 2003). Este indicador corresponde na prática ao coeficiente de secura ( $K_s$ ) usado na metodologia proposta por Allen *et al.* (1998) para traduzir o efeito da carência de água no solo sobre o coeficiente cultural e a transpiração. Segundo estes autores, este coeficiente está directamente relacionado com a disponibilidade em água na zona explorada pelo sistema radicular, sendo por isso normalmente estimado a partir da reserva de água no solo e de níveis de reserva críticos definidos em função das características físicas do solo, das condições atmosféricas e da própria cultura.

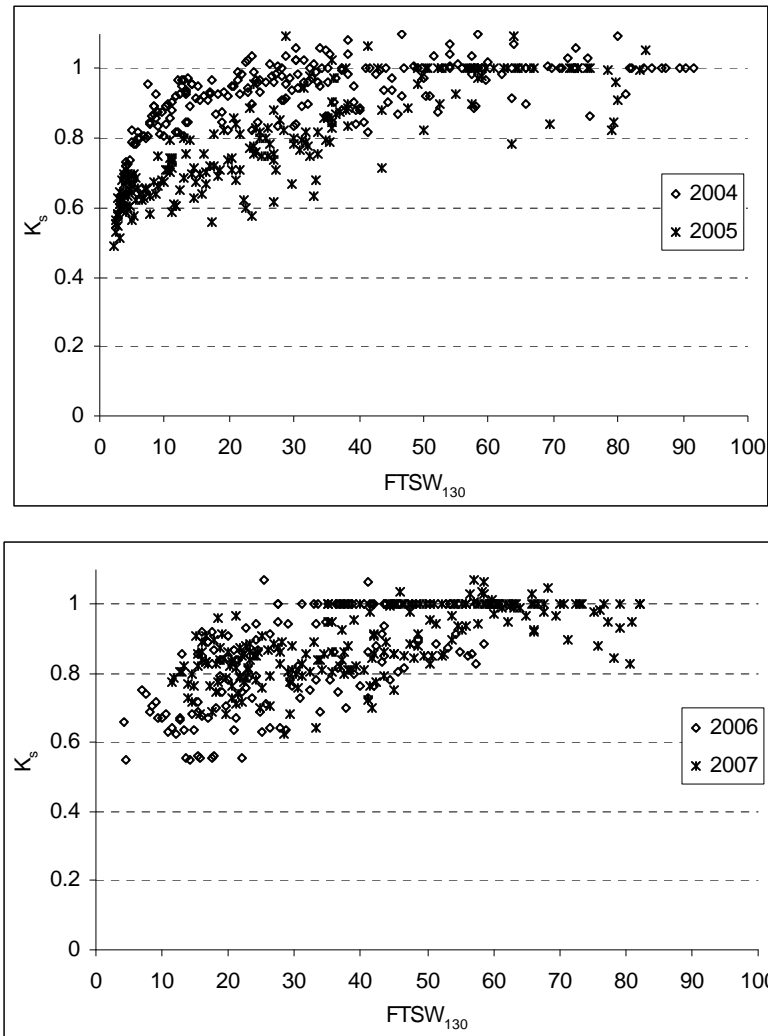


Figura 2 - Relação entre o coeficiente de secura ( $K_s$ ), e a fracção de água disponível no solo até 130 cm de profundidade ( $FTSW_{130}$ ).

Nos gráficos da Figura 2 apresenta-se a relação entre o coeficiente de secura ( $K_s$ ) e a fracção de água utilizável do solo até 130 cm de profundidade ( $FTSW_{130}$ ). Tal como no modelo proposto por Allen *et al.* (1998), a relação entre estas duas variáveis é bifásica. Para valores de  $FTSW_{130}$  superiores a cerca de 40 %, o  $K_s$  é aproximadamente constante, registando valores em torno de 1, indicativo de condições de conforto hídrico. Com valores de  $FTSW_{130}$  inferiores, o coeficiente de secura ( $K_s$ ) tende a decrescer à medida que a reserva de água no solo diminui, demonstrando que a transpiração da sebe foi, relativamente à registada nas plantas em conforto hídrico, significativamente afectada pela disponibilidade em água no solo. Os menores valores de  $K_s$  foram registados nos anos de 2005 ( $K_s = 0,48$ ) e 2006 ( $K_s = 0,55$ ), ambos na modalidade NI.

Conclui-se assim que o parâmetro  $p$ , percentagem da reserva de água disponível no solo que pode ser extraída sem quebra no consumo, terá o valor de 0,4, valor compatível com a natureza do solo das parcelas do ensaio e corroborado pelas indicações retiradas da análise dos indicadores de stress na planta (dados não apresentados).

#### 4. CONCLUSÃO

Além de permitir caracterizar a evolução diurna dos componentes do balanço energético da sebe da vinha, conclui-se ainda que o modelo usado no presente trabalho permite uma boa estimação dos valores diários da transpiração. Em plantas em conforto hídrico, a evolução sazonal da relação  $E_c / ET_0$  corresponde à forma geral da curva de  $K_{cb}$  indicada para a generalidade das culturas, tendo os valores máximos medidos apresentado uma boa concordância com os valores determinados com a metodologia proposta por Allen e Pereira (2009) para culturas dispostas em linhas, não cobrindo completamente o solo. Considerando a camada superficial de solo até 130 cm de profundidade conclui-se que a percentagem da reserva de água disponível no solo abaixo da qual este factor ambiental afecta o nível de transpiração da videira é de 40%, valor que é normal considerar para este tipo de solo.



## 5. AGRADECIMENTOS

Estes estudos foram realizados no âmbito do Projecto POCTI/AGG/38506/2001, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia e enquadram-se no trabalho de doutoramento de um dos seus autores apoiado pelo Instituto Politécnico de Viseu.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Allen, R.G., Pereira, L.S. (2009). *Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height*. *Irrig Sci* 28, 17-34

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, Italy, 300 pp.

Allen R.G., Pruitt W.O., Wright J.L., Howell T.A., Ventura F., Snyder R., Itenfisu D., Steduto P., Berengena J., Baselga J., Smith M., Pereira L.S., Raes D., Perrier A., Alves I., Walter I., Elliott R. (2006). *A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference  $ET_o$  by the FAO56 Penman-Monteith method*. *Agric. Water Manage.* 81: 1-22.

Anderson, M., Norman, J., Diak, G., Kustas, W., Mecikalski, J. (1997). *A two-source model for estimating surface fluxes using thermal infrared remote sensing*. *Remote Sens. Environ.* 60: 195-216.

Campbell, G.S. e Norman, J.M. (1998). *Introduction to environmental biophysics*. 2ªed, Springer Science & Business Media, Inc., USA.

Choudhury, B., Monteith, J. (1988). *A four-layer model for the heat budget of homogeneous land surface*. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 114: 373-398.

Farahani, H.J., Howell, T.A., Shuttleworth, W.J. e Bausch, W.C. (2007). *Evapotranspiration: Progress in measurement and modelling in agriculture*. *Transactions of the ASABE* 50(5): 1627-1638.

Ferreira, M.I. e Silvestre, J. (2004). *Medição da transpiração em cobertos descontínuos: Vinha em diferentes declives, na região do Oeste*. 7º Congresso da Água, “A Água – Qualidade de Toda a Vida, APRH. 8 a 12 de Março, Lisboa.

Lhomme, J. e Monteny, B. (1993). *Estimates of convective fluxes over sparse canopy from infrared temperature*. In: *Proceedings of the Yokohama Symposium on Exchange processes at the land surface for a range of space and time scales*. IAHS Publ.212, pp 437-443.

Norman, J., Kustas, W., Humes, K. (1995). *Source approach for estimating soil and vegetation energy fluxes in observation of directional radiometric surface temperature*. *Agricultural and Forest Meteorology*. 77: 263-293.

Poblete-Echeverría, C. e Ortega-Farias, S. (2009). *Estimation of actual evapotranspiration for a drip-irrigation Merlot vineyard using a three-layer model*. *Irrig. Sci.* 28: 65-78.

Rodrigues, P., Pedroso, V., Gouveia, J.P., Martins, S., Lopes, C., Alves, I. (2010). *Estimação da transpiração da videira a partir da medição da temperatura da superfície da sebe com termómetro de infravermelhos*. In: *X Simposium Hispano-Português de Relaciones Hídricas en las Plantas. Herramientas para un uso eficiente del agua*. pp. 133-136.

Silvestre, J. (2003) *Evapotranspiração e funcionamento hídrico em Vitis vinifera L.* Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 219 pp.

Yunusa, I.A.M., Walker, R.R. e Lu, P. (2004). *Evapotranspiration components from energy balance, sapflow and microlysimetry techniques for an irrigated vineyard in inland Australia.* *Agricultural and Forest Meteorology* 127: 93-107.